

전자장 수처리 시스템 개발

김상욱, 김진환, 김보열, 김영봉
인하공업전문대학, 전기과

Development of the Electromagnetic Field Water Treater System

Sanguk Kim, Jin-hwan Kim, Boyoul Kim, Youngbong Kim
Dept. of Electrical Engineering, Inha Technical College

Abstract - This paper presents the electromagnetic field water treater system with the high performance for a good quality of water. The electromagnetic field water treater consists of a solion, a solion body, and a high voltage converter. The high voltage converter is controlled by PWM current controller. The high voltage converter of 13W is designed for an isolation operation ramp, an isolation current detector, and an over current protector. Using the high voltage PWM converter, the system with the proposed electromagnetic field water treater can be controlled easily. Simulation and experimental results show the effectiveness of the system strategy proposed for the scale rejection.

1. 서 론

중전의 용수 살균 수단으로는 화학약품(치아염소산소, 염소 등)을 투입하여 소독을 하였으나 그 폐해가 많아 즉, 약품 투입의 번거로움, 설비수명단축, 2차 오염 유발, 주변환경악화, 수영장 등의 경우 탈색, 피부염 등을 유발하는 단점 등을 가지고 있다. 또한, 국내에서 레지오넬라균은 전염병 예방법에 의하여 제 3군 법정 전염병으로 지정(2000년 1월 12일 법률 제6162호 공포)되어있고, 외국의 경우 아열대 지방에서 습식 냉각탑에서 비산되는 미세 물방울에 균이 포함되어 다중이용 시설에서는 그 감염 위력이 가공할만한 냉방병으로 널리 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 수용가에 양질의 용수를 제공하기 위하여 고성능 전자장 수처리 장치 개발함으로써 용수를 사용하는 냉난방 설비, 냉·온수 설비 및 각종 열교환 설비에 적용하여 Scale 방지 및 제거, 부식 및 적수(赤水)방지, 이끼 및 슬라임 성장 억제하도록 한다. 제안된 용수처리 방식은 용수에 직접 미소전류를 흘려 전자를 공급하는 방식으로 용수에 고전압을 가해서 전계를 만들어 주면 자유전자가 방출되어 스케일 성분의 양이온 입자들이 전기적으로 중화 안정화된 부유상태로 유지되고, 운동에너지가 증가하여 기존의 스케일의 결정화합물을 파괴하고 기존의 스케일을 제거하므로 추가 스케일 형성을 방지하도록 한다. 본 시스템은 관공서, 공공기관, 군사시설, 민간부문, 고층 아파트, 일반소형 건물 및 단독 주택의 용수를 사용하는 냉난방 설비, 냉·온수 설비 및 각종 열 교환설비 등에 적용된다.

본 연구에서는 수용가에게 양질의 용수를 공급하고, 에너지 절감효과를 가지는 전자장 수처리 시스템을 개발하고, 이의 타당성을 위하여 실험을 통하여 시스템의 성능을 보였다.

2. 본 론

2.1 전자장 수처리 시스템의 원리

용수처리 방식은 용수에 직접 미소전류(수mA)를 흘려 전자를 공급하는 방식으로 용수에 고전압을 가해서 전계를 만들어 주면 자유전자가 방출되어 스케일 성분의 양이온 입자들이 전기적으로 중화 안정화된 부유상태로 유지된다. 또한 운동에너지가 증가하며, 수소 교결합(Hydrogen Bridge Bond)력이 약화되어 표면장력감소 및 PH 상승 등 기존의 스케일의 결정화합물을 파괴하여 기존의 스케일을 제거하고 추가 스케일 형성을 방지하도록 한다.

일반적으로 부식은 산화환원반응이며, 전기적으로는 전자를 주고받는 과정을 말한다. 즉 금속원자가 전자를 잃어버리는 것을 부식이라 하므로 용수에 많은 자유전자를 인가하는 조건을 만든다고 하면, 금속원자가 전자를 잃어버릴 염려가 없으므로 부식의 과정을 제거할 수 있도록 한다.

또한 용수속에 많은 자유전자를 공급하게 되면 콜로이드 영역이 파괴되어 운동에너지가 증가되고, 물의 점도가 낮아지며, 표면장력이 약화되는 등의 현상으로 이와 관련된 여러 에너지 절감효과가 발생된다.

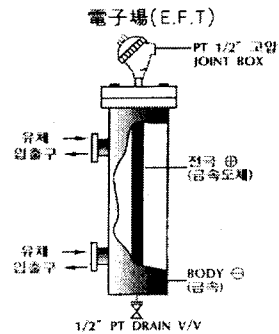


그림 1 솔리온의 구조

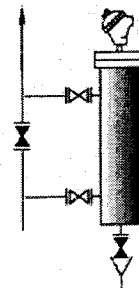


그림 2 솔리온 Body 설치

2.2 솔리온 시스템

전자장 수처리 방식에서의 솔리온의 구조는 그림 1과 같다. 그림과 같이 솔리온은 고압을 인가하는 조인트 박스와 유체 입출구, 중간에 +전극의 금속도체와 Body에 -성분을 가지는 금속으로 구성되어 있다. 솔리온의 Body 설치 방법은 다음 그림 2와 같다. 개발된 솔리온은 다음 그림 3과 같다.

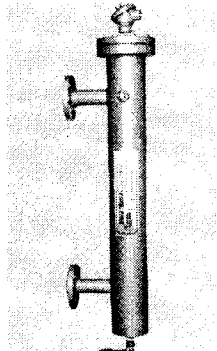


그림 3 솔리온 시스템

2.3 전자장 수처리 장치의 구조

수처리 장치는 자유전자가 방출하도록 용수에 직접 고전압 및 미소전류(수mA)를 흘려 스케일 성분의 양이온 입자들이 전기적으로 중화 안정화된 부유상태로 유지하도록 한다. 전자장 수처리 시스템의 구조는 그림 4와 같다.

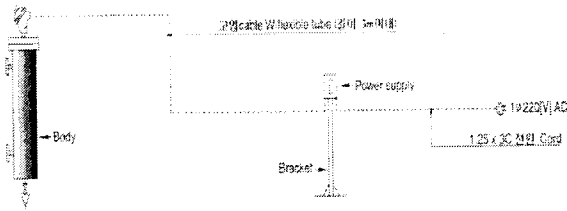


그림 4 전자장 수처리 장치의 구조

2.4 전자장 수처리 장치의 계통도

전자장 수처리 장치는 냉온 급수 계통, 증기 보일러, 냉수 및 온수 순환계통, 냉각수 계통, 수영장, 목욕탕, 수산양식장과 같은 각종 Pool 계통 등에 설치되며, 이들 계통도는 그림 5와 같다.

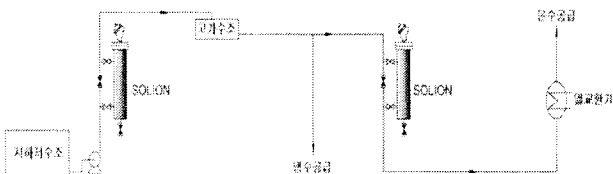


그림 5 냉·온 급수 계통의 솔리온 설치 방법

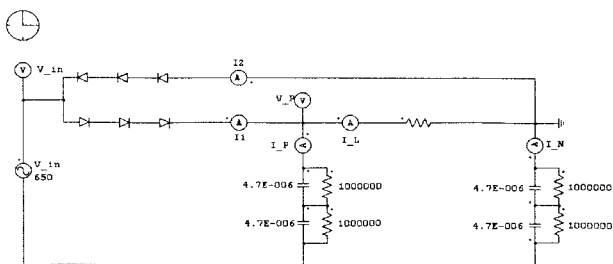


그림 6 승압 DC 링크 회로

2.5 전자장 수처리용 고압 컨버터

2.5.1 고압 컨버터 모의 실험

전자장 수처리용 고압 컨버터를 설계하기 위하여 그림 6과 같이 승압(1,300V) DC 링크 회로를 설계하였으며, 이의 동작신호는 PSIM 소프트웨어를 이용하여 다음의 결과를 얻었다. 위의 회로에서 각각의 전압과 전류 파형은 다음과 같다.

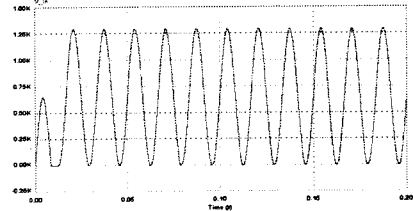


그림 7 1차 입력 전압파형

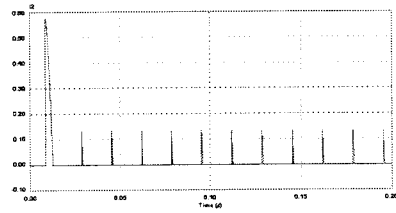


그림 8 다이오드 입력 전류파형

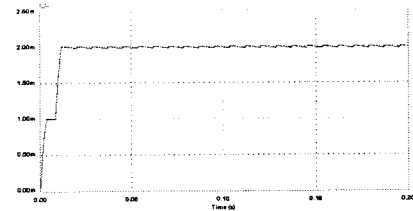


그림 9 부하전류파형

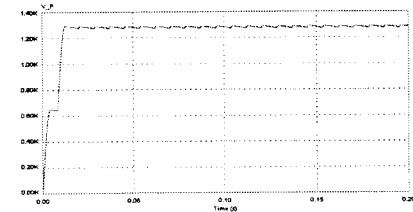


그림 10 2차 출력 전압파형

2.5.2 고압 컨버터 설계

전자장 수처리용 고압 컨버터는 PWM 스위칭 방식을 이용한 전류제어 방식을 적용하였다. 1300V로 승압된 2차 전압을 스위칭 소자를 직렬로 연결한 후 스위칭 소자를 PWM 전류 제어하는 방식으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 1) 전원이 인가된 후 전원 표시등에 점등한다.
- 2) 솔리온에 입력된 후 물이 인가되어 동작되면, 이의 신호를 검출하여 전원 표시등에 점등한다.(그림 11)
- 3) 콘덴서 방전후 초기 전원을 인가할 때 발생하는 큰 돌입전류를 제한하여 시스템을 안정화시킨다.(그림 12)
- 4) 출력된 전류를 검출하여 피드백한 후 이를 제어하므로 출력전류가 외부 부하변동 및 온도변화에 매우 견실한 특성을 가진다. (그림 13)
- 5) 전류제한이 정확하며, 온도변화에 따른 저항 변동율을 측정하여 제한 온도 범위에서 동작하도록 한다.

- 6) 출력된 전류를 피드백하여 PWM 제어를 하므로 전류 제어가 정확하다. (그림 14)
- 7) PWM 제어의 캐리어 주파수가 매우 고주파이므로 이를 콘덴서에 의해 평활시킨 전압 및 전류의 리플은 매우 적으므로 출력 전압 및 전류 변동율이 작다. (그림 15)
- 8) 스위칭 소자가 고주파 스위칭을 하므로 이에 따른 노이즈 영향 및 내구성을 고려한다.

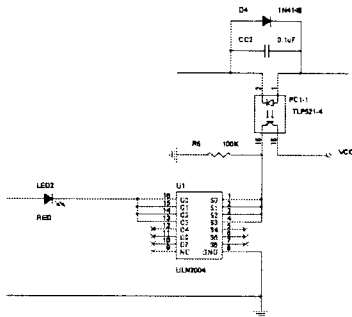


그림 11 솔리온에 용수 통과시 램프 점등 회로

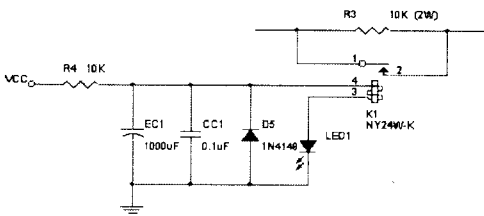


그림 12 돌입전류 제한 회로

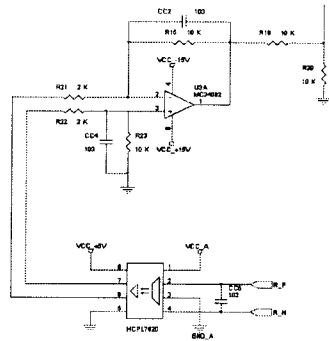


그림 13 절연 전류검출회로

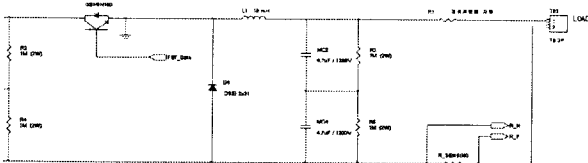


그림 14 PWM 스위칭 방식을 이용한 전류제어 회로

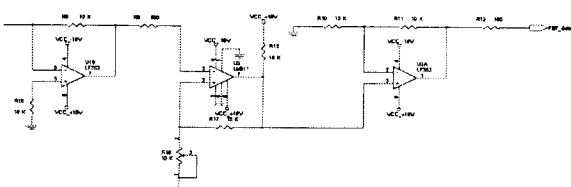
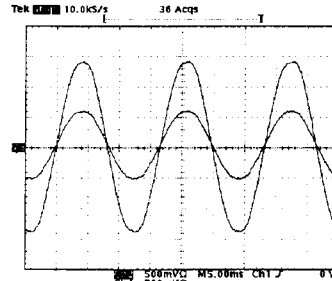


그림 15 PWM 히스테리시스 전류 제어 회로

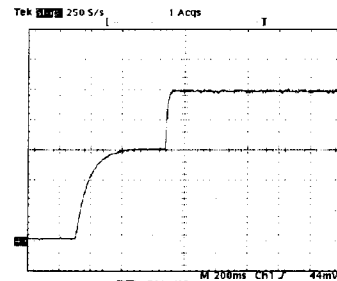
2.5.3 고압 컨버터 실험

전자장 수처리용 13W급 고압 컨버터를 그림 11-15와 같이 설계 제작한후 각각의 출력 특성을 살펴보았다. 그림 16은 트랜스포머를 통하여 승압시킨 1차 2차 입력 출력 전압 파형이다. 그림 17-18은 돌입 전류 제한용 회로를 통과한 후의 부하시 초기 전압 및 전류 파형을 보여주고 있으며, 각각의 회로가 양호하게 동작함을 볼 수 있다. 그림 19-20은 각각 2mA, 4mA 지령전류에 추종하는 출력전류, 입력전압, 출력전압을 나타내고 있다. 지령된 전류에 각각 양호하게 출력되고 있음을 볼 수 있다.



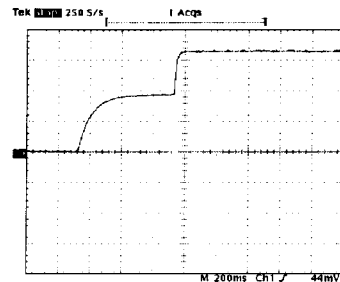
[250V, 5msec/div]

그림 16 1차 입력 및 2차 출력 전압(방식1)



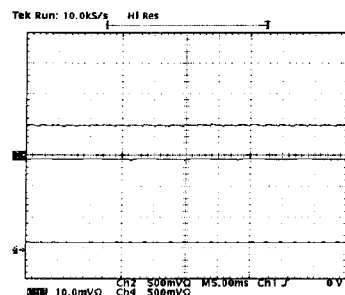
[250V, 200msec/div]

그림 17 부하시 초기 출력전압



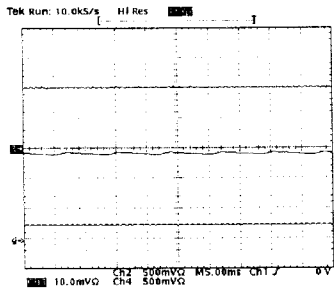
[2mA, 200msec/div]

그림 18 출력전류



[2mA, 500V, 500V, 5msec/div]

그림 19 2mA출력의 출력전류, 입력전압, 출력전압



[2mA, 500V, 500V, 5msec/div]

그림 20 4mA출력의 출력전류, 입력전압, 출력전압

2.6 전자장 수처리 장치 시스템 제작 및 성능 실험

그림 21은 수처리용 고압 컨버터 장치를 보여주고 있으며, 그림 22는 전자장 수처리 시스템 전체도를 나타내고 있다. 그림 23은 제안된 시스템의 성능을 보여주고 있으며, 설치 30일 및 60일 후에 스케일이 많은 부분 제거되었음을 볼 수 있다.

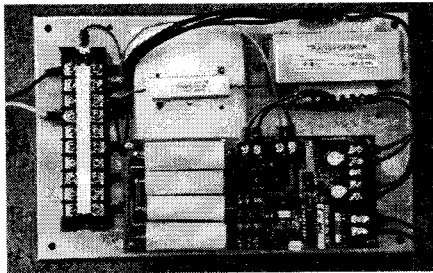


그림 21 수처리용 고압 컨버터

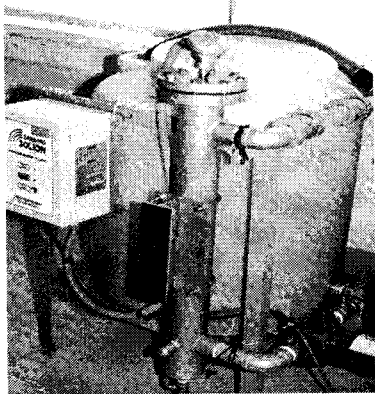


그림 22 전자장 수처리 시스템

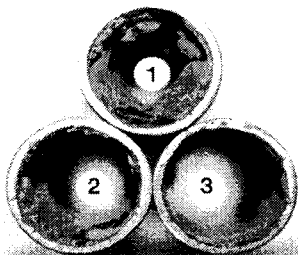


그림 23 전자장 수처리 시스템 성능

①설치전②설치30일③설치60일

3. 결 론

화학약품으로 처리되는 중전의 용수 살균 수단은 주변의 환경을 악화시키고, 양질의 용수를 얻기에 많은 어려운 점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 관공서, 공

공기관, 군사시설, 민간부문, 고층 아파트, 일반소형 건물 및 단독 주택의 용수를 사용하는 냉난방 설비, 냉·온수설비 및 각종 열 교환설비 등의 수용가에 양질의 용수를 제공하기 위하여 고성능 전자장 수처리 장치 개발함으로써 Scale 방지 및 제거, 부식 및 적수(赤水)방지, 이끼 및 슬라임 성장 억제하도록 하였다. 이의 타당성을 위해 실험을 통하여 시스템의 성능을 보였으며, 이를 통하여 에너지 효율향상 및 유지비 절감, 설비 수명연장 및 유지비 절감, 수질의 개선, 효율적인 수처리 관리 등이 확보될 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] M.H. Rashid, Power Electronics, Prentice-Hall, 2000.
- [2] 이복희, 고전압 대전류공학, 청문각, 2000.
- [3] M.H. Rashid, Power Electronics, Prentice-Hall, 2000.
- [4] William H. Hayt, Engineering Electromagnetics, McGraw-hill, 1998.
- [5] Ronald B. Standler, Protection of Electronics Circuits from Overvoltages, John Wiley & Sons, 1995